

オンラインセミナー プラントエンジニア 向け流体セミナー

2024年 6月 14日(金)開催

プログラム

- 1. アドバンスソフト株式会社のご紹介 主催者あいさつ 1
- 2. 管路系流体の基礎 5
- 3. 管路系流体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet/Γ の紹介 31
- 4. 関連サービスのご紹介 45

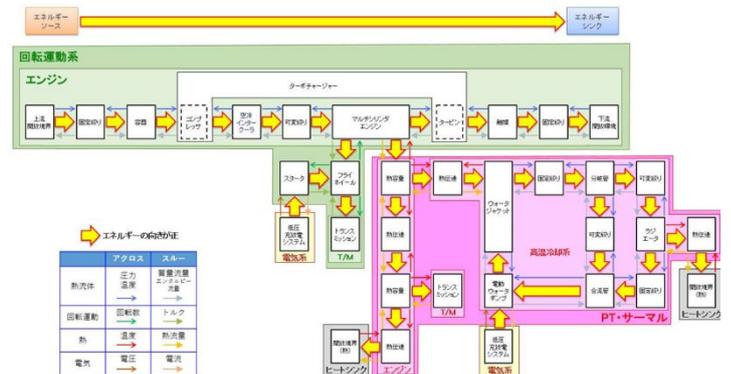


図 5. 第2階層事例 (熱流体系、回転運動系、熱系、電気系)

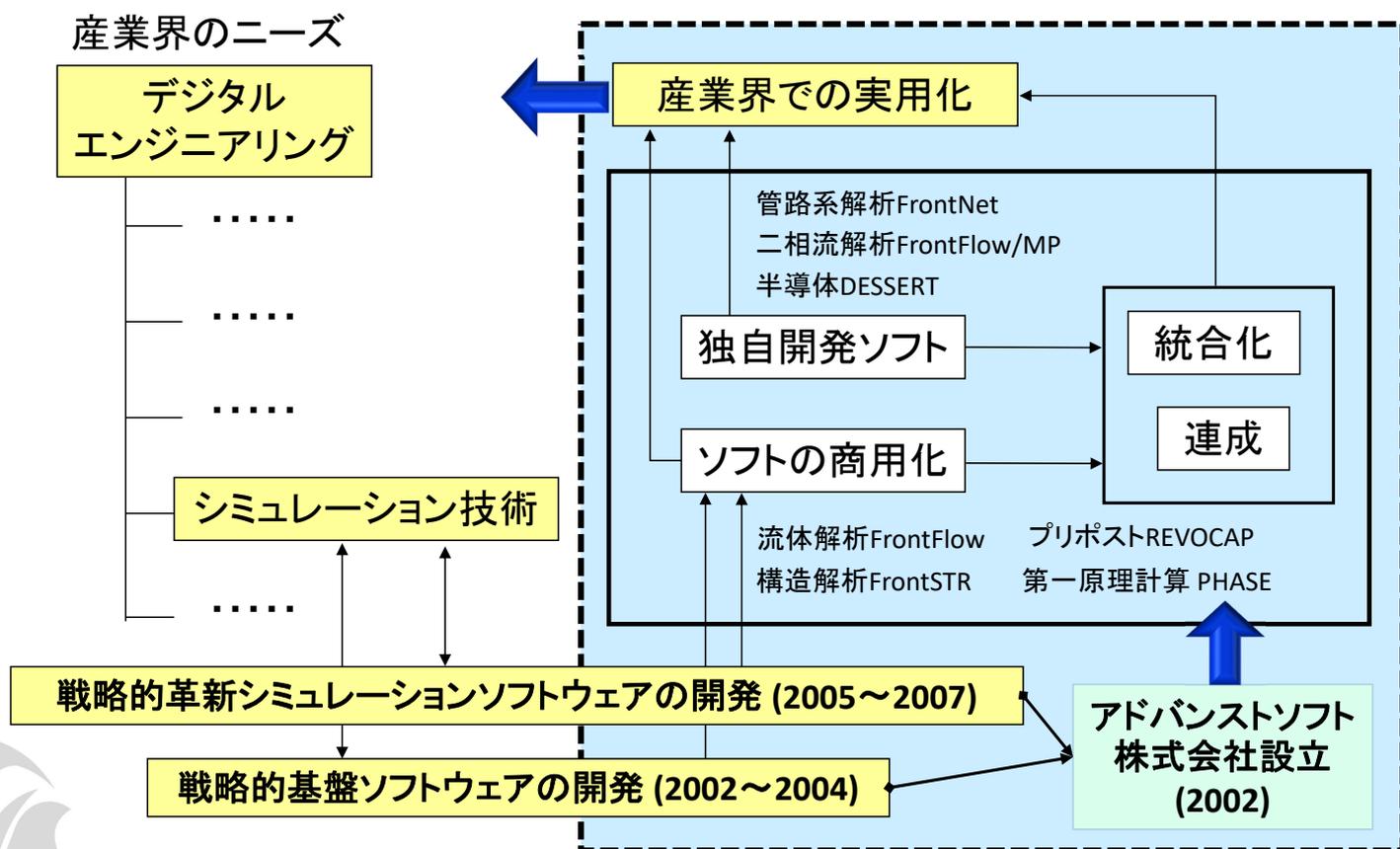


アドバンスソフト株式会社のご紹介

プラントエンジニア向け流体セミナー

2024年6月14日（金）開催
アドバンスソフト株式会社

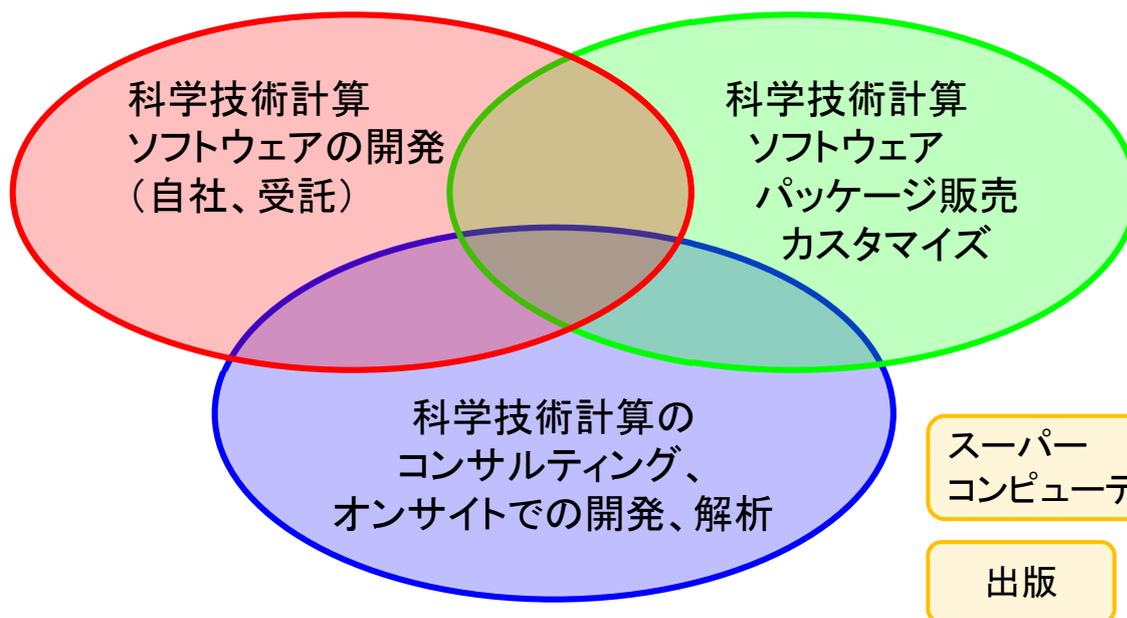
アドバンスソフトとは





事業内容

アドバンスソフトがご提供するサービス



科学技術計算ソフトウェアの開発を基礎とした、科学技術計算に関する様々なソリューションをご提供します。



アドバンスソフトの特徴

- シミュレーションソフトウェアの開発力
 - 自社でソースコードを所有し、事業化
 - ニーズに対し自社でカスタマイズが可能
 - 計算原理とその限界を熟知した技術者

```

eps=1.0d-10
do i=1,nbc1
do j=nbvc(i),nbvc(i+1)-1
if (indbc(1,j).lt.nesta.or.indbc(1
if (abs(bcval(3,i)).le.eps.and.abs(i
else
do k1=1,3
do k2=1,3
xx(k2,k1)=xpos(k2,ielm(i
xx(k2,k1)=xpos(k2,ibcelm(iinr
end do
end do
area=area3d(xx)
qcoef1=area/12.0d0*cp1x(bcval(1
/cp1x(bcval(3,i),bcval(4,
qcoef2=area/3.0d0*cp1x(bcval(5,
/cp1x(bcval(3,i),bcval(4,
do k1=2,4
inode=ielm(indbc(k1,j),indl
inbvec(i,node)=abvec(i,node)-qcoe
do k2=2,4
inode=ielm(indbc(k2,j),i
inbvec(i,node)=abvec(i,node)-qcoe
at=acoeff1

```

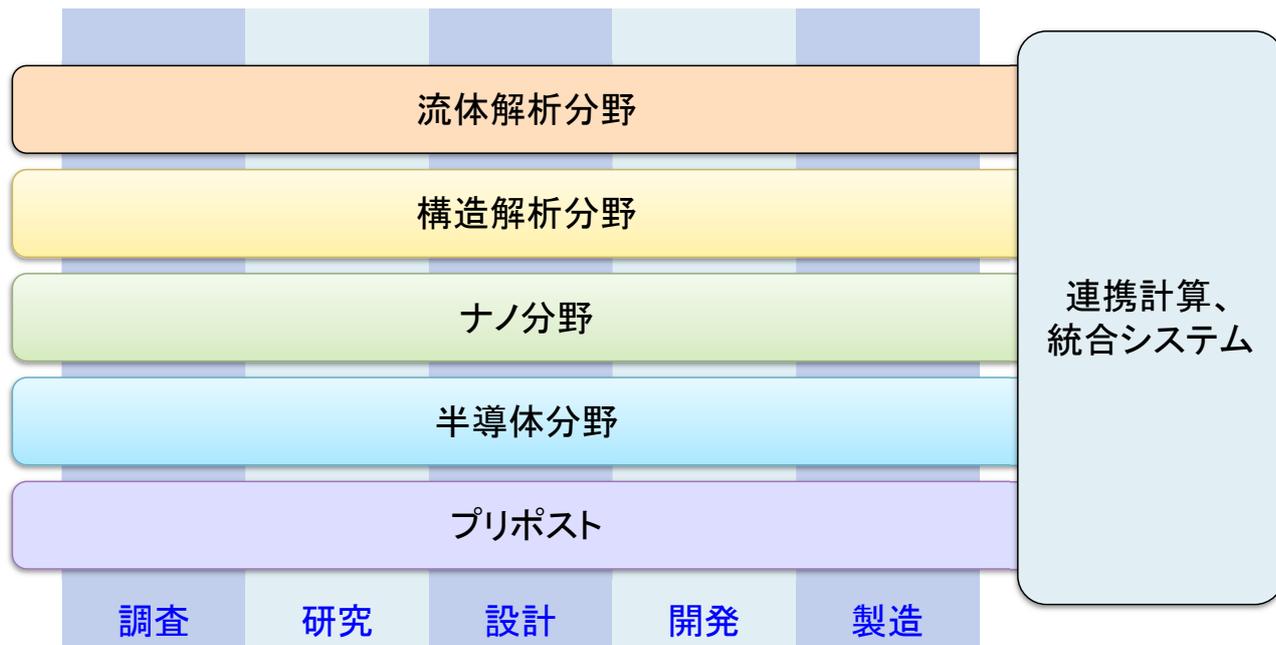


✓ 幅広い分野

- ナノから構造・流体分野の幅広い技術
- 製造業・原子力から材料・半導体産業までの幅広いニーズに対応
- お客様に多種多様な提案が可能



事業分野



産業の主要な分野のあらゆるフェーズで直面する課題に対し、科学技術計算によるソリューションをご提供します。



ソフトウェアご紹介

<p>第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE</p> <p>密度汎関数理論に基づき、物質の性質を原子・分子レベルから解析する第一原理計算ソフトウェアです。</p> <p>ナノ材料 GUI 付属</p>	<p>ナノ材料解析統合 GUI Advance/NanoLabo</p> <p>材料解析ソフトウェア QuantumESPRESSO と LAMMPS に対応した統合 GUI です。</p> <p>ナノ材料 プリポスト</p>	<p>流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red</p> <p>非圧縮性から圧縮性流れまで、広範囲で複雑な流れに対応した汎用 3次元流体解析ソフトウェアです。</p> <p>流体</p>	<p>圧縮性流体解析ソルバー Advance/FOCUS-i</p> <p>非構造格子に対応した圧縮性流体解析ソルバーです。特に超音速や超音速の流れに適しており、高い並列化効率で計算出来ます。</p> <p>流体</p>
<p>大規模 3次元 TCAD システム Advance/TCAD</p> <p>超微細半導体デバイスからパワーデバイスまで、高度な機能と使いやすい GUI を備えた 3次元 TCAD システムです。</p> <p>半導体デバイス GUI 付属</p>	<p>ニューラルネットワーク分子力学システム Advance/NeuralMD</p> <p>Neural Network Potential に基づいた分子力学のソフトウェアです。第一原理計算の結果を教師データとして分子力場を作成します。</p> <p>ナノ材料 AI・機械学習</p>	<p>気液二相解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP</p> <p>沸騰と凝縮を伴う気液二相流の流動特性や伝熱特性を 3次元で解析するソフトウェアです。</p> <p>流体</p>	<p>管路系流体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet</p> <p>配管や流体機器から成る管路系内流体に対する 1次元過渡解析の実用的なソフトウェアです。</p> <p>流体 GUI 付属</p>
<p>大規模電磁波解析ソフトウェア Advance/ParallelWave</p> <p>マクスウェル方程式を FDTD 法で 3次元的に解く電磁波解析ソフトウェアです。アンテナの電波解析から光の干渉や回折を考慮した光波解析まで幅広く適用できます。</p> <p>光波・電磁波</p>	<p>構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR</p> <p>固体の変形や熱伝導を、有限要素法を用いた 3次元で解析するソフトウェアです。</p> <p>構造</p>	<p>大気拡散影響予測システム Advance/Emerg</p> <p>大気拡散物質の挙動予測と影響評価のためのソフトウェアシステムです。</p> <p>流体 GUI 付属</p>	<p>深層学習用ツール Advance/iMacle</p> <p>機械学習のうち、ニューラルネットワークによる深層学習に特化、最小限の機能に絞り込んだ比較的軽いツールです。</p> <p>AI・機械学習</p>
<p>汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP</p> <p>解析の一連の流れをスムーズに行う事を実現した汎用プリポストプロセッサです。</p> <p>プリポスト</p>	<p>音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise</p> <p>環境騒音、機器内の共振等における音場を有限要素法を用いた 3次元で解析するソフトウェアです。</p> <p>音響</p>	<p>自社による開発（国プロ含む） 開発チームによる質の高いサポートサービス カスタマイズや機能追加も応相談 並列数無制限（追加料金なし）</p>	

ソフトウェアの解析事例

解析事例Webページをご覧ください。

アドバンスソフト 事例集

検索

<http://case.advancesoft.jp>

- ソフトウェア名からだけでなく、産業分野別、解析分野別の検索が可能となりました。
- 最新の事例を掲載しました。今後も逐次最新事例を紹介します。

産業分野別	解析分野別
自動車・運輸	流体
材料・化学	爆発・燃焼
産業機械	構造
航空宇宙	振動音響
エレクトロニクス	ナノ・バイオ
建設土木	プリポスト
原子力	半導体デバイス
エネルギー	光・電磁波
環境・防災	



facebook、YouTubeでも関連記事を掲載中

<http://www.facebook.com/advancesoft.jp>

<http://www.youtube.com/user/advancesoft>



【管路系流体の基礎】

熱流動エンジニアリングセンター 主管研究員 富塚 孝之

プラントエンジニア向け流体セミナー

2024年6月14日(金)

アドバンスソフト株式会社

1

CONTENT

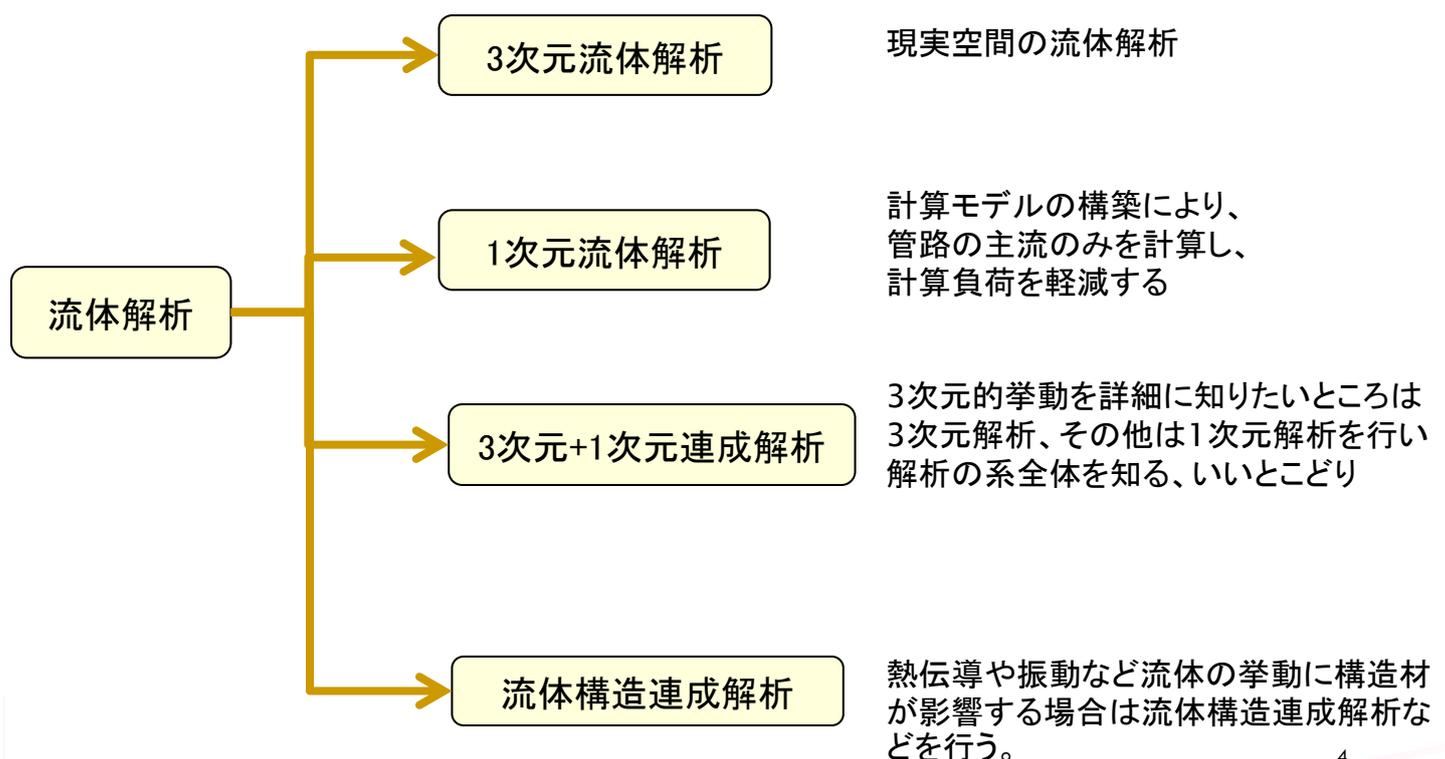
- 1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析
- 流体の種類
- 定常解析と過渡解析
- 解析における初期状態とは
- 境界条件
- 1次元流体解析（管路系流体解析）の計算手法
- 物理現象のモデル化
- シミュレーションの目的と評価

2

1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析

3

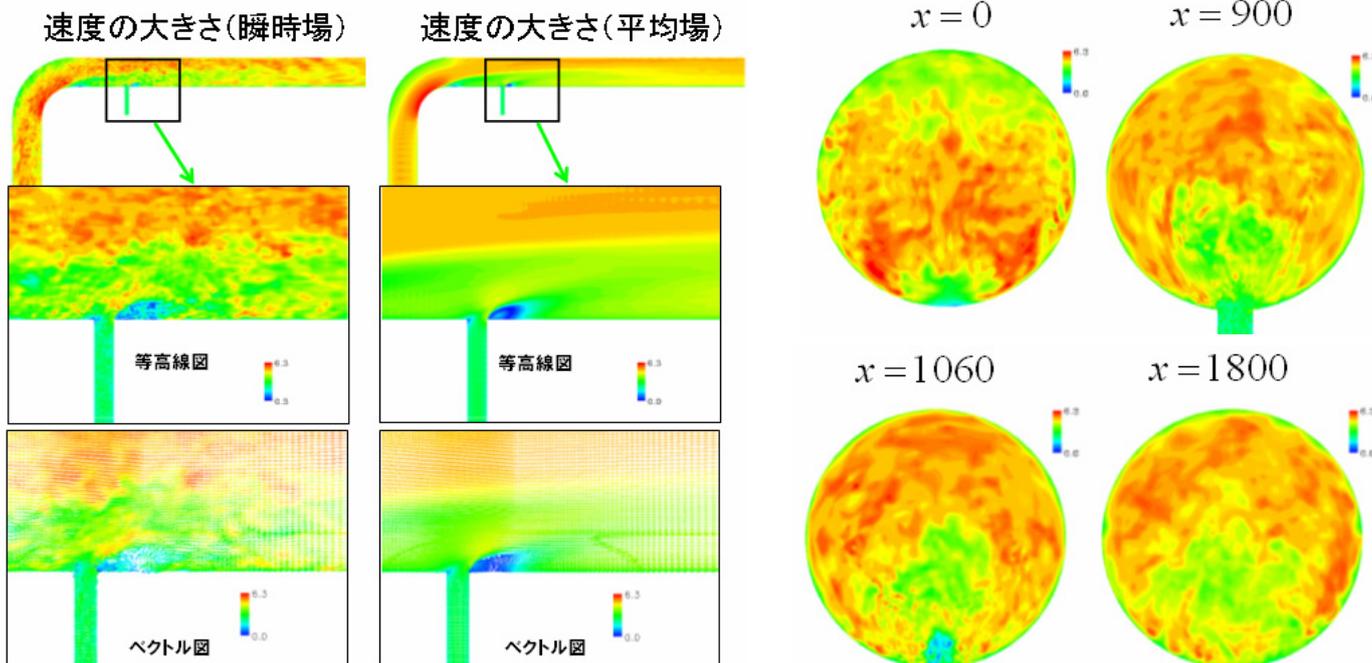
1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析



4

1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析

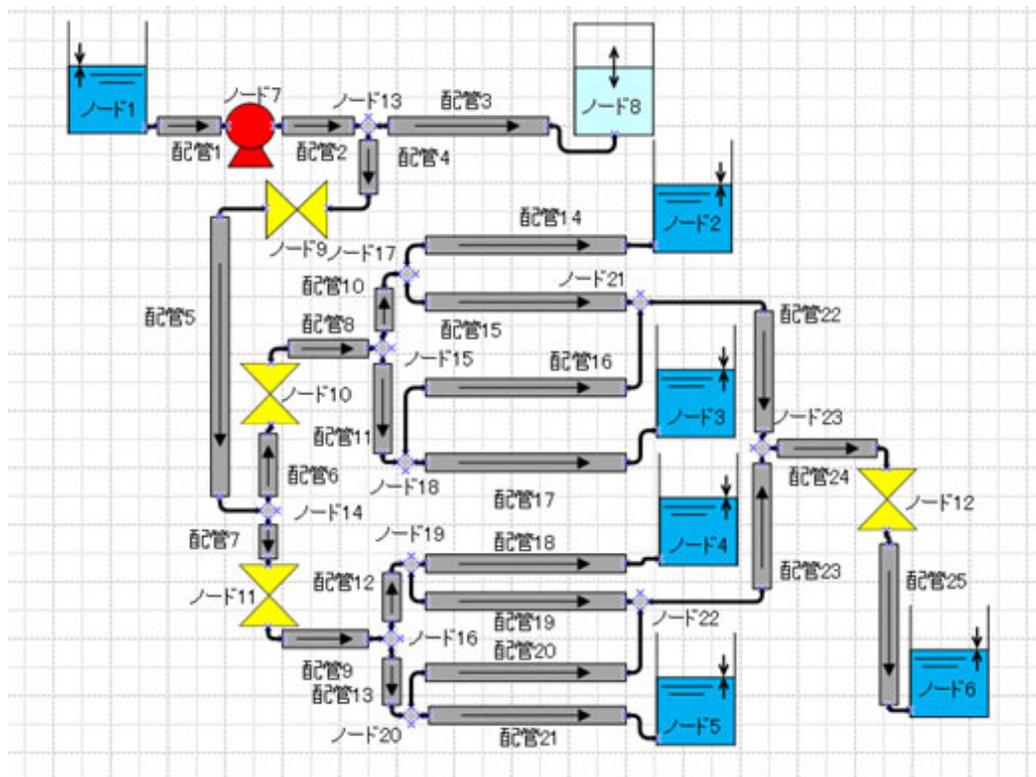
- 3次元詳細解析（局所的な挙動をみる）



もんじゅ流体混合部の流動解析手法の整備～三次元熱流動解析コード(FrontFlow/Red,FLUENT)の適用性評価～
 独立行政法人原子力安全基盤機構(H18)報告書 Advance/FrontFlowによる計算結果の例
<http://www.jnes.go.jp/content/000009592.pdf> より(2012/1/4)

1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析

- 1次元管路系解析（大規模な系全体の流況をみる）



1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析

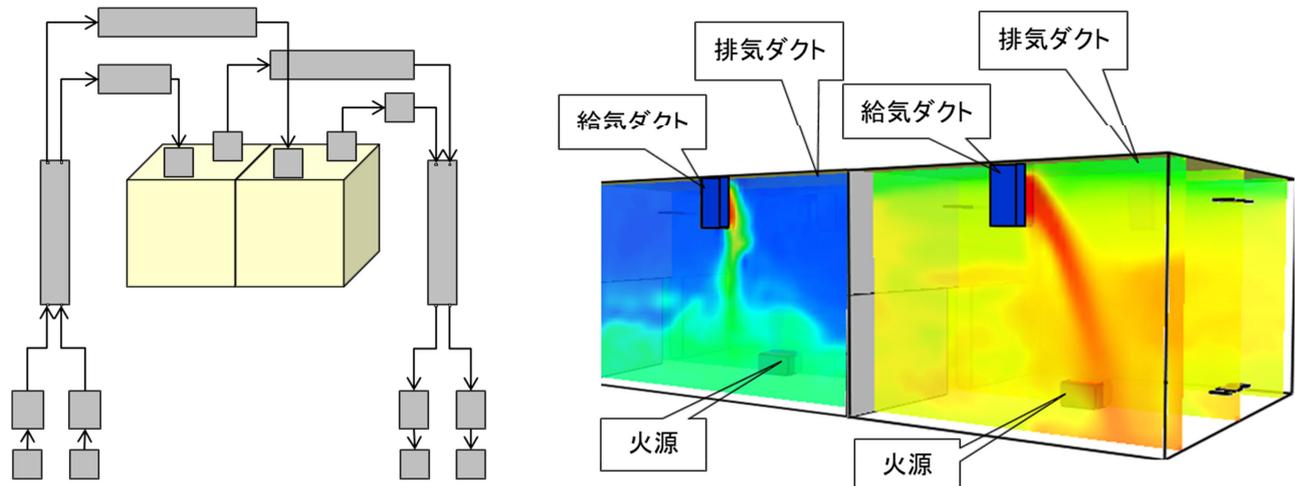
- 3次元流体解析の特徴
 - 複雑な流れ場を空間的、局所的に把握できる
 - 意図しない現象の**原因究明**、**対策検討**に有効
 - 入力データ作成が大変
 - 複雑な3次元計算格子、境界面および計算条件の作成
 - 計算時間、計算負荷が膨大
 - 容量の大きいメモリ、ストレージ、高速なCPUを持つ計算機が必要になる
- 1次元流体解析の特徴
 - 長距離配管網に対して、全体的な流れの状況が把握できる
 - プラントシステムなどの効率的な**運用**や**設計**のための検討に有効
 - 入力データが比較的簡易
 - 計算格子は管路の主流方向の分割だけ、境界は面ではなく点
 - 計算負荷が軽い、計算時間が短い
 - ノートパソコンでも計算可能

7

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

1次元流体解析（管路系流体解析）と3次元流体解析

- 1次元と3次元の連成解析
 - 管路系流体解析Advance/FrontNet/Γと3次元火災流体解析シミュレータFDSとの**連成解析**
 - 管路系流体解析（左）と、火災源の3次元流体解析（右）をつないで、それぞれの特徴を活かした流体解析



8

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

流体の種類

9

流体の種類

- 非圧縮性流体・擬似圧縮性流体
 - 密度の変化が非常に小さい状態で流れる（温度変化、圧力変化が小さい）
 - 一般的な基準は密度変化が5%以内
 - 音速に比べて遅い流れ
 - マッハ数をMとしたら $M < 0.3$ 、空気ならば約100m/s以下
- 圧縮性流体
 - 圧力や温度が変化し、圧縮性や熱膨張により流体の体積や密度の変化が無視できない流れ
 - マッハ数によって亜音速流れ、遷音速流れ、超音速流れ、極超音速流れに分類される
 - 管路系ではチョーク現象が重要。マッハ数 $M=1$ の臨界状態で、下流の状態形状に関係なく、流速一定になる。

10

流体の種類

• 圧縮性が効く現象例

① バルブ遮断

- バルブが急に閉まって圧力波が伝播し、密度が圧力に応じて変化する

② 先細ノズル流れ、拡大管流れ

- 管路の断面積の変化に応じて圧力と密度が変化する

③ マッハ数0.3以上の流れ

- 圧力の密度変化への寄与が大きい領域

④ 激しい逆流が起こる場合

- 急激な逆流により密度低下、圧力低下が起こる

⑤ 閉止端に急激に流体を流し込む場合

- 断熱圧縮により密度、圧力、温度上昇が起こる

流体の種類

• 気液二相流

- 気体と液体が共存しながら流れる
- 各相の体積率（ボイド率）の違いにより流動様式が異なり、それにより計算方法も変わってくる

流動様式(例:垂直上向き)



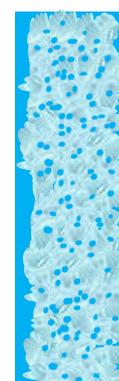
気泡流



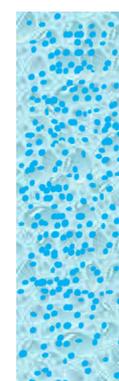
スラグ流



フロス流



環状噴霧流



噴霧流

流動方向



流体の種類

- 気液二相流（相変化）
 - 管路内で温度変化、圧力変化が大きい場合、相変化（蒸発・凝縮）も考慮する必要がある
 - 流体解析上、相変化を考慮すると難しいのは・・・・・・・・
 - **密度**が急激に変わり、運動方程式、エネルギー方程式計算が不安定になる
 - （例：水の場合で液体で約 $1000[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、水蒸気で約 $0.6[\text{kg}/\text{m}^3]$
 - 気液間で相変化ならではの質量の交換、運動量の交換、エネルギーの交換が発生し、これらの保存を保つのが大変
 - 管壁への結露、管壁からの蒸発があると管壁との摩擦や熱伝達も変わる

13

定常解析と過渡解析

14

定常解析と過渡解析

- 定常解析とは
 - 境界条件が固定値（**時間的に変動しない**）であれば管路内の流体の圧力分布と流速分布は一定の値で**静定**する。
 - この状態を定常状態といい、このような定常状態を求める解析を定常解析という。
 - 定常解析では、流体方程式の**時間項**をゼロとしたものを解くが、この方法が適用できない場合もある。
 - もうひとつの方法としては、境界条件を一定として流体方程式の時間項がゼロになるまで、時間進行法で過渡解析を繰り返す考え方がある。
 - プロセスシミュレータのような設計ツールでは、主に定常解析を用いている

15

定常解析と過渡解析

- 過渡解析
 - ある安定した状態を**初期状態**とし、そこから
 - バルブを閉める、開ける
 - ポンプがトリップ（意図せず停止）する
 - 流量変動を境界条件として与える
 - 上記のようなイベントを仮定し、**時間変動**について計算することを**過渡解析**という
 - 急激に上昇／下降する圧力や温度変化が把握でき、運転条件の変更、機器操作時および事故時などの影響確認ができる

16

解析における初期状態とは

17

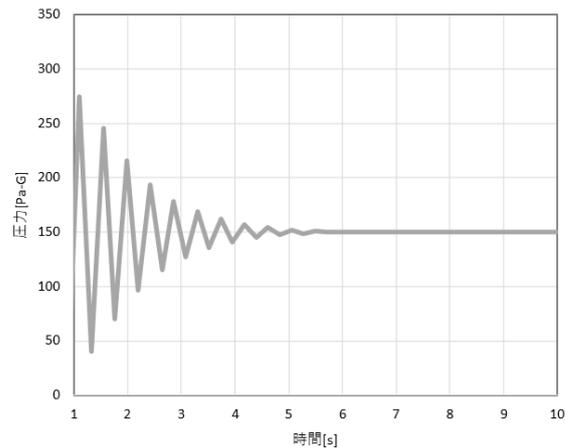
解析における初期状態とは

- **管路系流体解析における初期状態**とは
 - **解析体系全体で定常**になっている（流速、圧力が時間変動しない）状態を示す。
 - **非定常状態や流量バランスの取れていない状態**を初期状態とすると、計算結果に**初期の影響が残って**外乱が発生し評価できない。
 - 安定的な定常状態を確認するためには、境界条件や機器の条件を**固定した**過渡計算による**Null Transient計算**で確認できる。
 - 通常、定格運転の条件を適用することが多いが、解析目的によって異なる場合もある。
- **初期状態の作り方**
 - ユーザが理論上もしくは実際の運転上、定常状態の条件と以为っていても**計算プログラム上は十分定常にならない**場合が多い。
 - 境界条件や機器の条件を固定した過渡計算をおこない、流速や圧力が時間変動しなくなるまで計算し続けることにより、定常状態を求める（**Null Transient計算**）。

18

解析における初期状態

- 定常計算での初期振動
 - 初期状態を求めるために過渡計算をおこなう際、ユーザーがある程度当たりをつけて初期値を設定する必要がある。
 - この初期値は方程式を厳密に満たさない可能性が高く、過渡解析を行ったときの初期において振動が起こることがある。
 - これは物理現象として起こる振動ではなく、数値計算上のものである。



19

境界条件

20

境界条件

- **境界条件**とは
 - 管路内については各種方程式をプログラムが計算するため、流速、圧力などが求まる
 - 境界（管路系の末端）は、**流速**または**圧力**をユーザが決めないと**未定のまま**→**境界条件**

21

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

境界条件

- **境界条件では何を決めてやればよいのか**
- 運動方程式
$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial \rho u u}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{2L} K \rho u^2 = 0$$
 - この方程式は圧力差から流速を解いているため、境界部には圧力を与えて流速を解くか、または流速自体を与える。

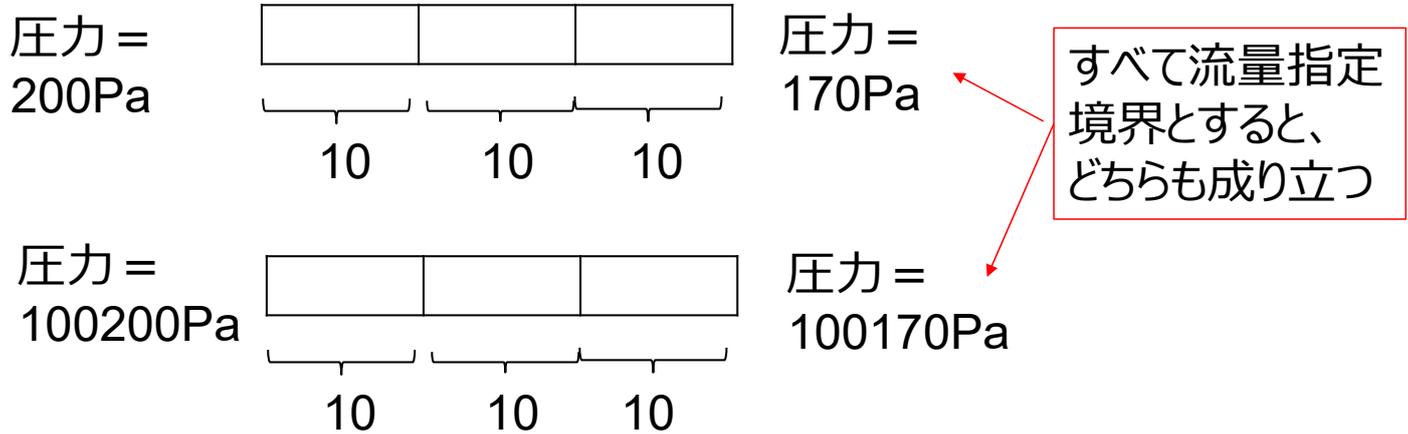


22

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

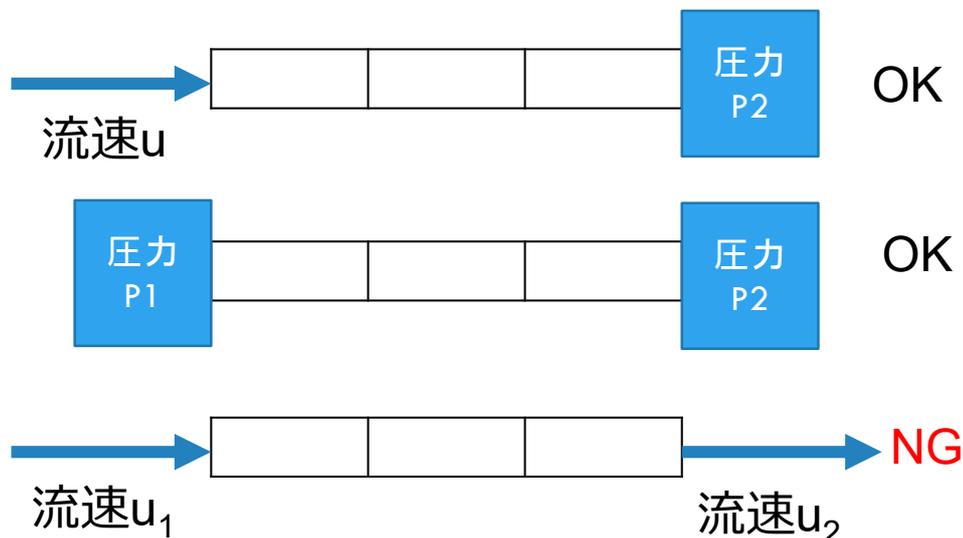
境界条件

- この方程式は圧力差さえ成り立っていれば、満たされるため、どこか1か所を圧力指定境界にすると、圧力の規定点が定義されるが、すべてを流量指定境界にすると、圧力規定点がなくなる。



境界条件

- また、すべての境界に流速を設定すると、計算破綻が ocorrênciaやすい
 - 管路の入口、出口で流量が固定されると、管路内での流量バランスがとりにくくなる



境界条件の選定

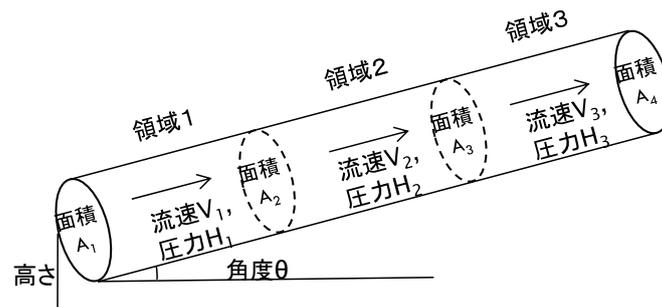
- 圧力を指定する場合
 - タンクやガスホルダー、大気雰囲気など、体積が大きく変動の少ないところは圧力境界として与えられる。
 - 弁による圧力制御がうまくいっていることを仮定して、その場所を圧力境界として与えられる。
 - 定常解析から求めた圧力を過渡解析にも固定値として使用する場合、短い時間内であればよい近似の場合がある。
- 流量を指定する場合
 - 想定した流量での計算をしたい場合
 - 流量が調べたい物理量に対して重要な要素の場合
 - (例：圧力変化を調べたい、流量の変化に対する混合ガスの熱量変化を調べたい)

1次元流体解析（管路系流体解析）の計算手法

管路系の流体計算モデル

1次元流体解析の計算モデル

- 3次元流体解析の計算モデルでは3次元空間（X軸、Y軸、Z軸）の各軸方向に対して、物理方程式（運動量保存式、エネルギー保存式、質量保存式）を解く
- 1次元流体解析では**主流方向（管軸方向）**のみ、物理方程式を解く
- 主流以外の成分は、粘性項による層流粘性または乱流粘性を内部摩擦として、壁面による外部摩擦と足し合わせた管摩擦抵抗として考慮



1次元流体解析の計算モデル
管軸方向の流速、圧力伝播を計算する

27

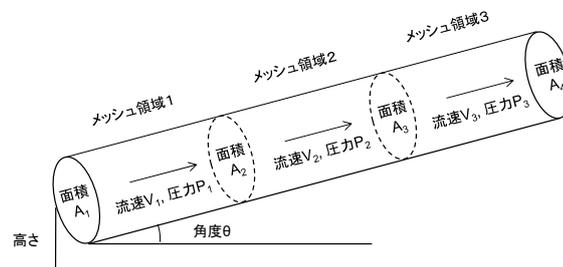
Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

計算格子（メッシュ）

なぜメッシュ分割が必要か

- 流体の基礎方程式が偏微分方程式であり**解析解がない**ので、離散化（連続した情報を、非連続の値に分割）して数値的に解を求めている

$$f \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_i} = f \frac{(u_i - u_{i-1})}{\Delta x}$$



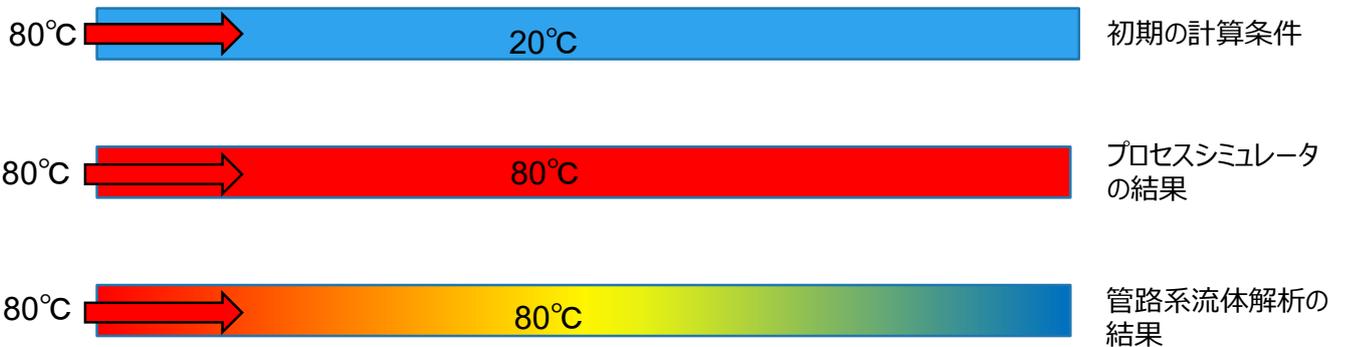
- 離散化した場合、 ∂u （流速の変化量）を*i*番目のメッシュの流速 u_i と*i-1*番目のメッシュの流速 u_{i-1} の差で近似している。
- Δx （ $\approx \partial x$ 、メッシュ幅）は、*i*番目のメッシュと*i-1*番目のメッシュの間の距離である。メッシュ幅を細かくとればとるほど（ $\Delta x \rightarrow 0$ ）、連続した情報に近くなるため、 ∂u は真の値に近づく。

28

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

計算格子（メッシュ）

- メッシュ分割をしていないプロセスシミュレータなどで計算を行うと20℃の水に80℃の水を入れると全体が（一瞬で）80℃の水になる。（定常計算のため最終状態が解）



- 管路系流体解析の過渡解析では80℃の水が20℃の水を時々刻々順次押し出していく。その解像度はメッシュ幅による。

29

計算時間とタイムステップ幅

- タイムステップ幅：1ステップの計算に進む時間（ Δt ）
- 目的とした解析時刻までの計算時間は、 Δt を大きくとればステップ数が少なくなるので、短くなる
- 陽解法（後述）では、 Δt は管路の計算格子幅に制限を受ける
 - クーラン条件
- 陰解法（後述）では、管路の計算格子幅の制限を受けず、クーラン条件の数倍から数十倍の Δt で計算できる。
- ただし、陰解法の方法や計算条件によって左右されるので注意。

30

計算時間とタイムステップ幅

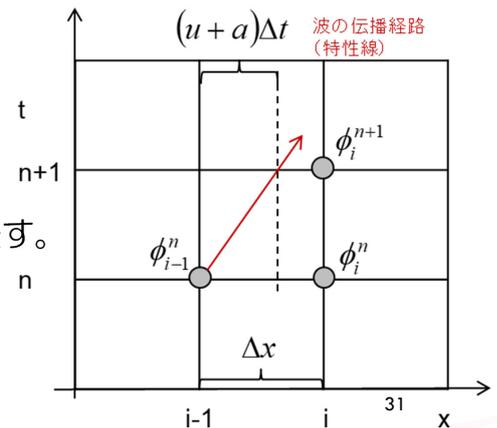
- ・ クーラン条件(CFL条件)
 - ・ 陽解法では、タイムステップはCourant条件に制限される

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} > u + a, C_{ourant} \equiv (u + a) \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1, \therefore \Delta t < C_{ourant} \times \frac{\Delta x}{(u + a)}$$

- ・ 陽解法の式を書き換えると次のような形になる

$$\phi_i^{n+1} = \phi_i^n - C_{ourant} (\phi_i^n - \phi_{i-1}^n)$$

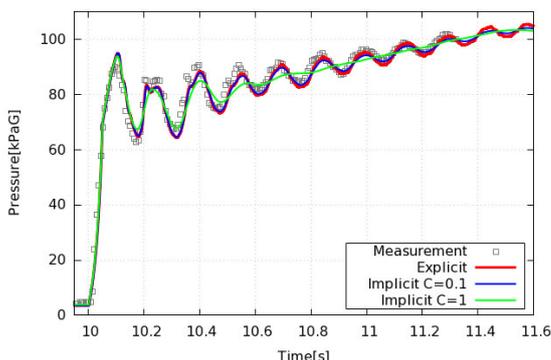
- ・ クーラン数の意味は、 Δt の間に波が進む距離 $(u+a)\Delta t$ と格子幅 Δx の比であり、圧力波が1メッシュを越えて伝播しないことを表す。



計算時間とタイムステップ幅

- ・ ボリュームジャンクション法では時間積分法に陽解法と陰解法がある

	解くべき方程式	メリット	デメリット
陽解法	$\frac{\phi^{n+1} - \phi^n}{\Delta t} = a \frac{\partial \phi^n}{\partial x}$	処理が簡潔 圧力波を精度よくとらえることができる	タイムステップ幅 Δt を小さくとる必要あり
陰解法	$\frac{\phi^{n+1} - \phi^n}{\Delta t} = a \frac{\partial \phi^{n+1}}{\partial x}$	タイムステップ幅 Δt を大きくとれる	連立方程式を解く必要がある



ケース名	内容	評価	計算時間比率
Explicit	陽解法 Courant数0.99	実測値をよい精度で再現。	1
Imp.C=0.1	陰解法、 Courant数0.10	陽解法と同等。	0.5
Imp.C=1.0	陰解法 Courant数1.00	圧力波は第3ピークまで再現、その後鈍る。	0.1

(注) Courant条件(クーラン条件)は、陽解法では音速と流速基準、陰解法では流速基準であることに注意

物理現象のモデル化

33

混合物質の拡散

- 物質拡散とは
 - 例えば空気と水素の混合気体が存在し、水素濃度が空間的に分布を持っている（濃度に差がある）場合、水素は濃度の高い方から低い方へ輸送される。この現象を物質拡散という。
 - 拡散する要因はブラウン運動、濃度差に基づく密度流、乱流による混合がある。
 - 拡散の速さを表す比例定数を拡散係数という。

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + f \frac{\partial \phi}{\partial x} = \kappa \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}$$

- 例えば ϕ を物質濃度とすると・・・
 - 左辺第1項は濃度の時間変化、第2項は流れに乗って輸送される量
 - 右辺は濃度勾配に比例して拡散輸送される量

34



数値拡散（数値粘性）

数値粘性（数値拡散）とは

- 運動方程式を流体解析で計算する際、偏微分方程式を風上差分で離散化すると粘性項に余分な項が現れてしまう。これを数値粘性または人工粘性という。これは数値計算上、余分な粘性を付加している形になる。
- 一般的な偏微分方程式の差分近似を考えると

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + f \frac{\partial \phi}{\partial x} = \kappa \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}$$

- 左辺第2項は対流項（移流項）、右辺は拡散項と呼ばれる。f=0のときは拡散方程式と呼ばれる。
- 計算安定化のために、対流項を1次風上差分法で離散化するとき以下のように近似する。

$$f \frac{\partial \phi}{\partial x} \Big|_{x=x_i} = f \frac{(\phi_i - \phi_{i-1})}{\Delta x} \text{ For } f \geq 0, f \frac{(\phi_{i+1} - \phi_i)}{\Delta x} \text{ For } f < 0$$

- 書き換えると

$$f \frac{\partial \phi}{\partial x} \Big|_{x=x_i} = f \frac{(\phi_{i+1} - \phi_{i-1})}{2\Delta x} - |f| \frac{\Delta x (\phi_{i+1} - 2\phi_i + \phi_{i-1})}{(\Delta x)^2}$$

- ゆえに、対流項を1次風上差分法で離散化したとき、偏微分方程式は見かけ上、**拡散係数が過大評価**される

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + f \frac{\partial \phi}{\partial x} = \left(\kappa + \frac{|f| \Delta x}{2} \right) \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}$$

35



拡散現象の解析時の注意点

- 1次風上差分法では拡散係数が過大評価され、それはメッシュサイズ Δx に依存した。
- 拡散現象を解析したい場合、数値拡散が実際の拡散係数よりも**小さくなるメッシュサイズ**とするか、**高次の差分法**を採用する必要がある。
 - 例えば、minmod流束制限関数付きTVD法などが知られる※。
 - この方法では、簡単にいうと対流項の離散化時の内挿補間に用いる物理勾配を制限することにより、数値拡散を小さくし、数値拡散がメッシュサイズに依存しないようにした方法である。

水撃と液柱分離について

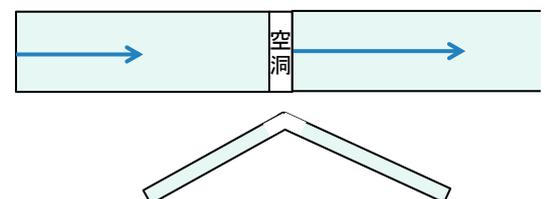
- 水撃は、例えば弁の急閉などで流体が流れを急にせき止められたときに、慣性で流れようとしていたエネルギーが行き場を失い、弁の上流側に音速で圧力波が伝わる現象
- 弁の閉め方が早いと、水撃は管を破損するほどの大きな圧力となるため危険
- 水撃圧の簡易的な公式ではJoukowsky（ジューコフスキー）の式が有名である。
 - (参考1；土地改良事業計画設計基準及び運用・解説、設計「パイプライン」H21, P232,
 - 参考2；三野徹、「パイプラインの水理設計その6」農業土木学会誌第50巻第2号, 1982)
 - いずれも簡易公式は設計用に水撃圧を大きめに算出する傾向がある。
 - 数値解法では特性曲線法などが用いられる。

37

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

水撃と液柱分離について

- 液柱分離とは
 - 液体で満たされていた管路のある場所で、なんらかの理由により**圧力が低下して飽和蒸気圧以下**になったとする。このとき、**液体は気相**へと相変化する。
 - 管路内に蒸気の**空洞**ができる。
 - この空洞が**押しつぶされる**と大きな圧力上昇が起こる。
 - 蒸気の密度が1に対し、液体は1000程度と**1000倍**の違いがある。
 - 圧力や密度が大きく異なる流体が急激にぶつかり合うため、このような衝撃圧力が発生する。
 - 圧力上昇は水撃と同様に管路の破損の危険性もある。
 - 対策として、サージタンクを設けるなどがある。
- 液柱分離が発生する位置は
 - 弁が急遮断されたときの弁下流
 - ポンプトリップ時の管路
 - 高低差のある管路で高度が高いところ
 - また、発生原因としては、ポンプ起動時に管路に空気が入っていてそれがつぶれる場合などがある



38

Copyright ©2024 AdvanceSoft Corporation. All rights reserved.

水撃と液柱分離について

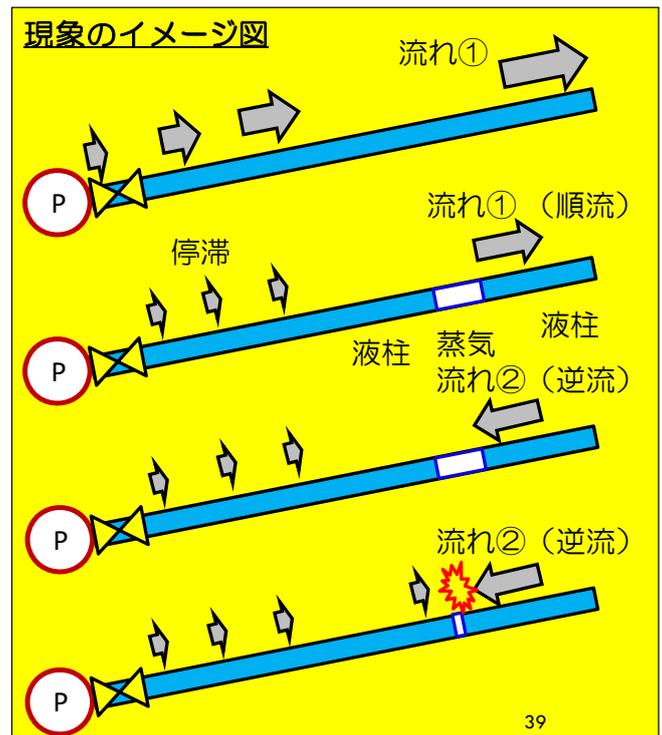
・液柱分離モデル

●液体圧力が飽和蒸気圧よりも小さくなった場合、体積流量収支に差が生じた場合、蒸気空洞が発生したとみなし、液柱分離が生じる。

●分離した液柱が逆流してきて、蒸気空洞が消滅した場合、大きな圧力上昇 ΔH が生じるとみなす。

大きな圧力上昇(=水撃)は、 $\Delta H = (a/g) \Delta u$ (波動モデル; Joukowskyモデル) で圧力上昇が計算される。
ここで、 a は音速、 g は重力加速度、 Δu は蒸気空洞喪失時の流速変化を示す。

●液柱分離は、ポンプトリップ時の他、バルブ急閉時のバルブ下流側や地震時などに起こる。



シミュレーションの目的と評価

シミュレーションの目的と評価

- 管路系流体解析をおこなうためには.....

□目的

- 設計のための性能評価、配管や機器の仕様検討
 - 需要家に対して必要なガス量を供給するために、必要な圧力は？
 - 必要な流量を送るためには、配管はどこまで長く出来る？
 - どんな配管を使えば圧損を抑えられる？
- 事故が起きた際の影響評価、安全対策検討
 - もし、ポンプがトリップしたら、ウォーターハンマー（水撃）による圧力はどれだけになる？
 - 急激な高圧が起きた場合、安全弁の性能と位置は的確か

41

シミュレーションの目的と評価

- 管路系流体解析をおこなうためには.....

□シナリオ

- どのようなシチュエーション（流れ場、圧力場）を想定するか
 - どのくらいのガス量を供給するか、ポンプ、ブロワなどはどの位置にどのくらいの性能のものを置くか.....
- どのような事故、変動を想定するか
 - 停電による流体機器の停止
 - 機器の誤操作による急激な流量、圧力変動
- 運転条件
 - 管路系の境界は流量を指定するか、圧力を指定するか

42

シミュレーションの目的と評価

- 管路系流体解析をおこなうためには・・・

□ 評価内容

➤ シミュレーションにより何をみたいか

- 需要家（管路系末端）におけるガス圧は十分か、配管内での温度、圧力が想定内になっているか・・・
- 水撃により圧力ピークはどこにどのくらいかかるか、配管や機器にどのくらいの負荷（圧力、温度）がかかるか・・・

43

シミュレーションの目的と評価

- 管路系流体解析をおこなうためには・・・

□ シミュレーション手法の選定

- 時間変動がなく、定常的な状態を見たいー➤定常解析
- 時間変動はあるが、長い期間の状態を見たいー➤過渡解析、**陰解法**
- 短時間で急激な圧力変化、温度変化を見たいー➤過渡解析、**陽解法**

44

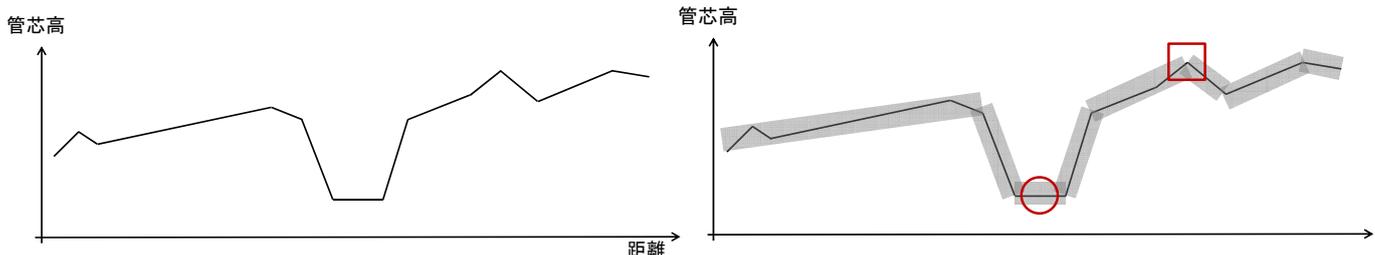
シミュレーションの条件設定

- ポンプトリップ時の圧力を調べたい場合、以下のポイントが重要となる
 - 圧力が負圧になるかどうか
 - 負圧になった場合の液柱分離・再結合による水撃圧がいくつかわ
 - 逆止弁が閉まった場合の水撃圧がいくつかわ
- ポンプの機能（パラメータ）に着目すると
 - ポンプが早く減圧するかどうかは**GD2**で決まる。
 - 逆止弁による水撃圧は**逆止弁の閉速度**で決まる。

45

シミュレーションの条件設定

- 配管の図面量が膨大であるが、期限までに検討しないとイケない場合
 - **主要ポイント**を押さえる
 - ① 圧が高くなるのは管芯高の最も低い点
 - ② 圧が低くなるのは管芯高の最も高い点であり、ここで液柱分離が起りやすい
 - ③ 配管は総延長さえ合っていれば、ある程度簡略化しても計算の主な結果は同じである



46

シミュレーションの条件設定

- PID制御をしている制御弁の応答を調べたい場合
 - 境界条件を適切に与える。圧力をPV値としている制御弁であれば圧力を、流量をPV値としている制御弁であれば流量を、リスク側の条件で与える
 - 計測器の応答速度やむだ時間または位置を適切に与える
 - 制御弁の特性を適切に与える

47

シミュレーションの条件設定

- どの物理量を調べたいかによって、シミュレーションの条件設定が現実と変わることがある
 - 圧力と時間に着目する場合
 - 例：末端で水が使用し続けられることを想定したときのポンプトリップ
 - 現実にはポンプトリップによって末端で水が使用し続けられないが、もし使用し続けた場合に、どこまで圧力が低下するかや、どれくらいの時間、許容の圧力を保てるかを調べられる。ガスも同様。

48

まとめ

- 管路系流体解析をおこなうに当たり、下記の観点でまとめてみた。
 - 1次元と3次元の違い
 - 流体の種類の違いによってシミュレーション方法も変わるのか
 - 定常状態、過渡状態、初期状態とはなにか
 - 境界条件はなんのために、どのような考え方で設定するのか
 - 計算手法、計算モデルはどのようになっているのか
 - シミュレーションをおこなうためには、どういう心構えで、何を準備すべきか

49

ご清聴
ありがとうございました

50



管路系流体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet/Γ の紹介

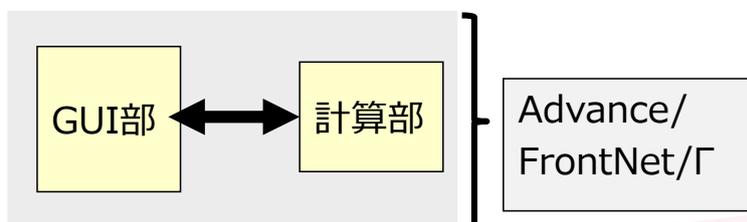
熱流動エンジニアリングセンター
主任研究員 秋村 友香

プラントエンジニア向け流体セミナー[基礎編]
2024年06月14日（金）
アドバンスソフト株式会社

アジェンダ

管路系流体過渡解析ソフトウェア (Advance/FrontNet/Γ→以下FNΓと略)

- ・管路系流体関連の最近のトピックス
- ・よくある質問 1. プロセスシミュレータとの違い
2. MBDとの違い
- ・FNΓの計算機能、使用用途、実績、サービス
- ・FNΓのGUI機能とデモンストレーション
- ・FNΓのGUIの開発状況と今後のサポート、ロードマップ





管路系流体関連の最近のトピックス

論文/雑誌掲載

①「安全工学」論文掲載

アドバンスソフト(株)/東京ガス(株)/東京ガスネットワーク(株)/
秋村友香, 竹内智朗, 佐藤佑哉, 相澤望, 三橋利玄,
「都市ガス管路系の使用開始・使用停止時の圧力応答評価」,
安全工学, Vol.63, No.1 (2024)

0.1sの急稼働/急停止時の
圧力を最高/最低値で
±2%の解析精度で再現

②技術雑誌「配管技術」2023年5月号（日本工業出版）掲載

アドバンスソフト(株)/秋村友香・王 靖宏・三橋利玄
「ウォーターハンマーと数値シミュレーション」

水撃理論、水撃対策、
AFNΩによる解析事例
3件

③技術雑誌「油空圧技術」2024年6月号（日本工業出版）掲載

アドバンスソフト(株)/秋村友香・王 靖宏・三橋利玄
「圧縮性を考慮した空気の1次元過渡シミュレーション」

AFNΩ機能紹介
解析事例2件紹介



管路系流体関連の最近のトピックス

論文/雑誌掲載予定

④技術雑誌「配管技術」2024年7月号（日本工業出版）掲載予定

アドバンスソフト(株)/秋村友香
「プラントの数値シミュレーション
＜異常時/緊急時の過渡シミュレーションの紹介＞」

プラント異常時関連
解析事例5件紹介

発表予定

①日本ガス協会主催、技術普及セミナー、ポスターセッション

7/02（火）九州部会、西部ガス本社パピヨンビル 2 F ガスホール
7/19（金）北海道部会、北海道ガスグループ本社ビル 2 F ホール
7/26（金）近畿部会、ハグミュージアム
8/08（木）関東中央部会、北陸ガス技術センター

お近くのガス関連会社
の方がいましたら、ぜひ
お立ち寄りください。

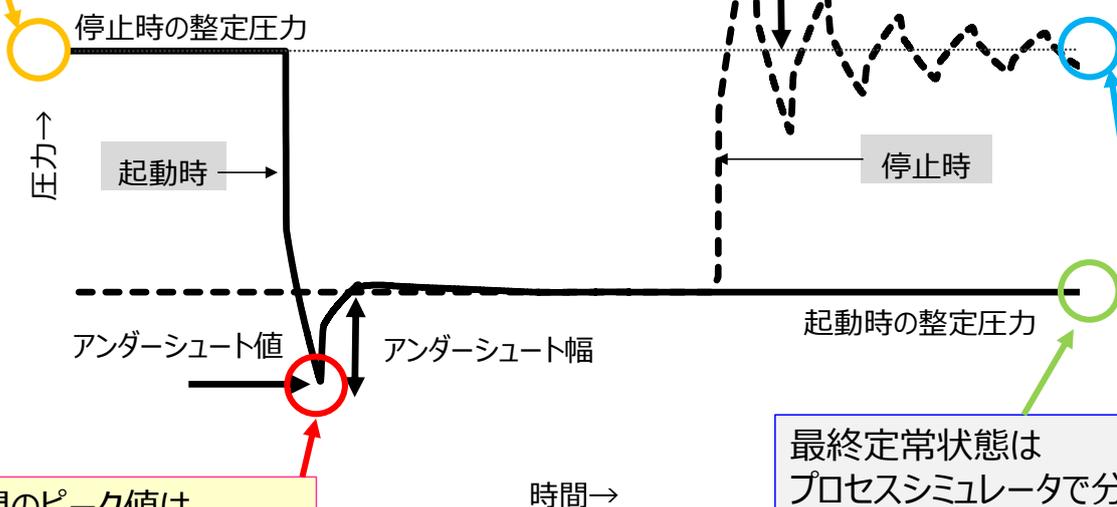
ガスエネルギー新聞にも
掲載予定です。

よくある質問 1. プロセスシミュレータとの違い

初期定常状態は
プロセスシミュレータで分かる。

--停止 —起動

短い時間のピーク値は
過渡シミュレーションでないと
分からない

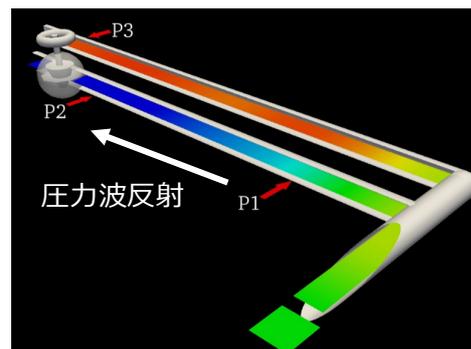
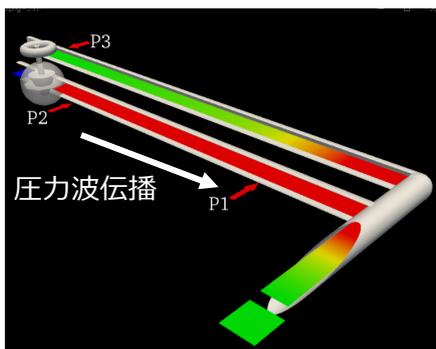
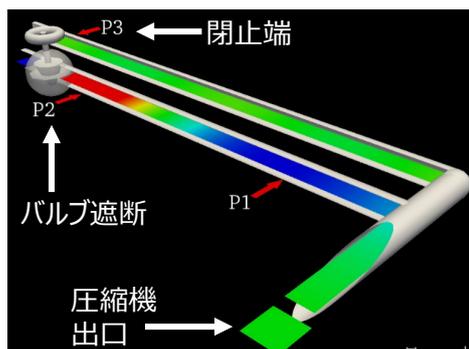


短い時間のピーク値は
過渡シミュレーションでないと
分からない

最終定常状態は
プロセスシミュレータで分かる。

よくある質問 1. プロセスシミュレータとの違い

バルブ遮断時の圧力波伝播の例



過渡シミュレーションは
管内を細かくメッシュ分割しており、
圧力波は音速で伝播する。

プロセスシミュレータは
管内を細かくメッシュ分割しておらず、
圧力波は無限大の速度で伝播する。

FNGは(株)オメガシミュレーション様のプロセスシミュレータ VisualModelerの
配管モジュールとしての組み込み実績があります。使用用途によって使分けが可能です。

- ・圧力波伝播が見たい
- ・流速による温度や熱量の伝播（遅れ）を知りたい、などの場合。



よくある質問2. MBDとの違い

MBD (Model Base Design)

様々な機器から成るシステムに対し、それぞれをデータや理論式から「モデル化」して、システム全体の状態を調べる方法。

自動車業界では、油圧制御系をMBDを使って検討するアプローチが広まっている。

具体的には次のページ...



よくある質問2. MBDとの違い

MBD エンジンシステムにおけるモデル化例



拡大



2.2. (第2階層)サブシステム定義書

2.2.a. 熱流体系モデル

2.2.a.1. 容器モデル

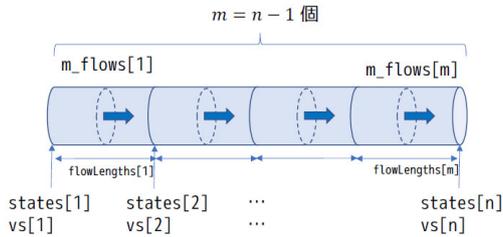
サブシステム I/F 定義書		サブシステム名 = 容器	
モデル機能概要			
ソース	熱流体E1 圧力P1 温度T1 質量流量qm1 エンタルピー流量qh1	容器	熱流体E2 圧力P2 温度T2 質量流量qm2 エンタルピー流量qh2 シンク
<ul style="list-style-type: none"> ○機能概要 ①熱流体系の機能 ・圧力を算出 ・温度を算出 			
入力			
プラントモデル I/F			
名称	単位	極性向き	説明
質量流量 qm1	kg/s	入力側が正	ソースからの質量流量
質量流量 qm2	kg/s	入力側が正	シンクからの質量流量
エンタルピー流量 qh1	W	入力側が正	ソースからのエンタルピー流量
エンタルピー流量 qh2	W	入力側が正	シンクからのエンタルピー流量
外部情報 I/F			
名称	単位	範囲	説明
比エンタルピー-h1	J/kg	-	ソースの比エンタルピー
比エンタルピー-h2	J/kg	-	シンクの比エンタルピー
質量分率 X1i	kg/kg	0.0~1.0	ソースの各成分質量分率
質量分率 X12	kg/kg	0.0~1.0	シンクの各成分質量分率
出力			

よくある質問2. MBDとの違い

MBD 配管内流れ場のモデル例

flowモデル

PartialStageredFlowModel



境界条件
 states[i]: 熱力学的状態変数(ThermodynamicState レコード)
 vs[i]: 流速

状態変数
 ls[i] = m_flows[i]*flowLengths[i]

flowモデル

PartialLumpedFlowの方程式

```

equation
// Total quantities
I = m_flow*pathLength;

// Momentum balances
if momentumDynamics == Types.Dynamics.SteadyState then
  0 = Ib_flow - F_p - F_fg;
else
  der(I) = Ib_flow - F_p - F_fg;
end if;

initial equation
if momentumDynamics == Types.Dynamics.FixedInitial then
  m_flow = m_flow_start;
elseif momentumDynamics == Types.Dynamics.SteadyStateInitial then
  der(m_flow) = 0;
end if;

annotation (...);
end PartialLumpedFlow;
  
```

運動量と質量流量の関係
 $I = m_{flow} \cdot pathLength$

運動量保存式 (momentum balance)
 $0 = Ib_{flow} - F_p - F_{fg}$ 定常
 $\frac{dI}{dt} = Ib_{flow} - F_p - F_{fg}$ 非定常

初期条件
 $m_{flow} = m_{fow_start}$ or $\frac{dm_{flow}}{dt} = 0$

(OpenModelica講習中級 Modelica.Fluidライブラリ解説 (2017年) 資料より抜粋)

よくある質問2. MBDとの違い

FNF

質量保存式 $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} = 0$

運動量保存式 $\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \frac{\partial \rho u u}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{2L} K \rho u^2 = 0$

エネルギー保存式 $\frac{\partial e}{\partial t} + \frac{\partial u(e+p)}{\partial x} = q$

状態方程式 (物性ライブラリ) $p = f(\rho, e), T = g(\rho, e)$

流体がメイン(CFD寄り)

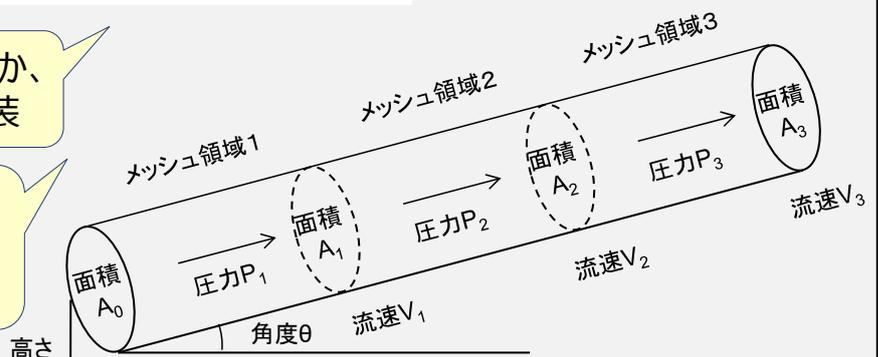
ソース項が大きい場合の計算不安定化対策

数値拡散を抑える対流項差分スキーム minmod, superbee

時間発展スキームは陽解法のほか、大規模計算向けに陰解法を実装

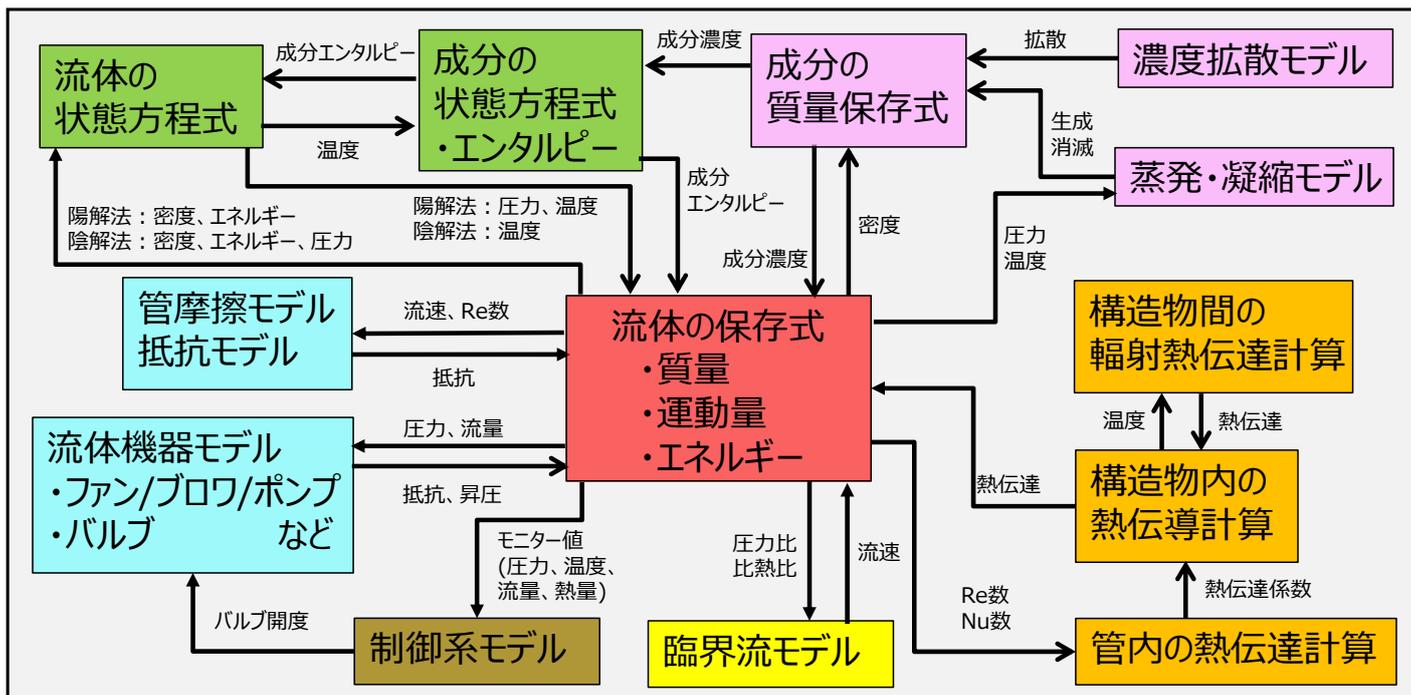
陰解法実績
行列解法: Lis*, BiCGStab
最高格子数実績: 100万格子

※九州大学等で開発されたオープンソースの反復解法ライブラリ



よくある質問2. MBDとの違い

FNGのシミュレーションモデルと物理量の相関図



よくある質問2. MBDとの違い

MBDとFNG

MBDは、機器の特性を整理し、解いている。配管なしのモデルもある。配管内流体は、定常、非定常、圧縮、非圧縮も扱え、メッシュ分割も行うことができる。モデル化によっては代数化、線形化して簡略化して解くこともできる。

FNGは、配管内流体を解くことが必須となっている（CFDの1次元化）。流体方程式の未知数は4個（密度、流速、内部エネルギー、圧力）であり、特に大規模計算対策で高速にマトリクスを解くなど計算速度を工夫している。流体機器モデルは物理現象に着目し、方程式を立てて解くモデルとなっている。

思想的には、MBDも管路系も同じと思われるが、細かい扱いが異なる。

FNGの計算機能、使用用途、実績、サービス

計算部の機能一覧表

基礎方程式	・圧縮性を考慮した質量保存式、運動量保存式、エネルギー保存式、状態方程式、多成分ガス質量保存式(オプション)
数値計算法	・一次元の有限差分法・ポリウム・ジャンクション法・スタッガード格子・自動時間刻み幅制御
時間発展スキーム	・Euler予測子修正子による陽解法・陰解法
対流項のスキーム	・1次精度風上差分法・TVD制限関数(minmodまたはsuperbee)
流体物性	・NIST-REFPROPで公開されている物性データ(単成分単相流(液、ガス、超臨界)) ・理想気体型の式(Van Der Waals、Peng-Robinson、SRK)(NASA多項式を使用)
物理モデル	・摩擦損失モデル(Reynolds数と粗度に依存した層流から乱流までの式) ・濃度拡散モデル(分子拡散、乱流拡散) ・臨界流モデル・固体熱伝導解析モデル(厚み方向一次元) ・直接熱伝達モデル、直接物質伝達モデル・ポラスモデル(移動物体モデル) ・パンプスカラーの質量保存式・制御系モデル ・水-水蒸気系気液二成分モデル
流体機器	配管(勾配を考慮、直管、分岐、合流)、オリフィス(抵抗係数)、曲がり(抵抗係数)、バルブ(開度変化入力)、制御弁(PID制御、比較条件で動作するONOFF制御)、タービン、ファン/ブロウ/ポンプ(QH曲線、時定数でトリップ)、ガスホルダー(容積一定/圧力一定)、放散塔

FNGの計算機能、使用用途、実績

過渡シミュレーションでは、リスクイベントを想定し、個々の流体機器の動作が、配管を通してどのように影響するかを調べることができる。

①リスクイベント

- ・トリップ、異常検知、事故、地震
- ・機器の故障、詰まり、バルブ固着
- ・圧力や流量の時間変動
- ・リスクイベントではないが(起動、停止)

②流体機器

- ・バルブ(遮断、開放)
- ・制御弁(応答遅れ)
- ・熱交換器(温度変化)
- ・ブロウ、ポンプ(起動、停止、トリップ)
- ・ガスホルダー

③物理現象

- ・圧力瞬時上昇
- ・衝撃波、圧力波伝播、圧力脈動
- ・臨界流(チョーク)
- ・弁のハンチング(制御弁の開度が振動する)
- ・熱伝導、熱伝達、濃度拡散

FNΓの計算機能、使用用途、実績、サービス

No.	知りたいこと（ソフトウェアの使用用途）	必要な物理モデル
1	バルブ遮断時の圧力上昇値	バルブ抵抗モデル
2	ブロワトリップ時の圧力変化	ブロワモデル
3	圧力制御弁の仕様変更で管路系システムが安定かどうか	制御弁モデル
4	BOG遮断時に熱量調整弁による熱量調整が追付くか	混合ガス輸送, 濃度拡散, 制御弁モデル
5	都市ガスに水素を混ぜて輸送する場合の濃度分布、圧力分布	混合ガス輸送, 濃度拡散 (パッシブスカラーモデルで代替可)
6	熱交換器で冷却している系統でポンプトリップが起こったときの温度変化	熱伝導モデル、ポンプモデル、熱伝達モデル(対流、放射)
7	管路系システム内での放散塔弁の開閉条件検討	臨界流モデル
8	消火設備で消火剤が何秒以内に噴射されるか	臨界流モデル、ガスホルダー(タンク)モデル、熱伝導モデル
9	高速移動列車のトンネル突入時の解析	移動ポーラスモデル
10	流路変形時の過渡解析	移動ポーラスモデル

FNΓの計算機能、使用用途、実績、サービス

分野別、主要受注実績

①エネルギー分野、発電プラント他

シールガス供給配管の圧力応答解析
空気系配管バルブ遮断時の圧力応答試験解析
LPG混合装置シミュレーション
火力発電所PID値検討解析
排熱回収ボイラ蒸気制御応答解析
ガスホルダーモデルの導入および発電所トリップ解析
高炉ガス系ブロワトリップ解析

②エネルギー分野、原子力プラント

高温ガス炉の流量配分と熱流体解析
原子炉施設火災試験解析(火災解析シミュレータ Advance/EVE SAYFA2 & Advance/FrontNet/Γ&FDSとの連成)
リチウムターゲット施設の工学設計のための計算評価(除熱系応答解析)
蒸気ブローダウン解析

③エネルギー分野、都市ガス/LNG

都市ガス管路網漏えい解析
大規模都市ガス管路網地震時の圧力波解析
LNG-LPG混合ガス組成変動解析
曲がり管内部の流れと圧力波伝播の解析
ミキシングタンク設置検討解析
プラントシミュレータVisualModelerとの連成機能開発
熱量調整系LPG遮断時の応答解析
熱量調整設備受け入れNG変動時の制御性追従解析
高圧・中圧・低圧導管網における過渡応答解析
都市ガス管路網真空ポンプ使用時の過渡解析
熱量料金およびラインパック料金計算機能の導入
制御バルブPIDパラメータ検討
都市ガス高圧導管網24時間過渡変動解析

FNΓの計算機能、使用用途、実績、サービス

分野別、主要実績紹介

④宇宙分野

液体燃料系ロケットエンジンの設計ツール開発
エンジンハザード事象解析
極低温流体パイプライン予冷充填解析
エンジン起動停止解析検討

⑤交通分野、その他分野

高速列車のトンネル突入・退出時の圧力波解析
移動物体からの排熱機能開発
超高圧窒素タンクから放出時の臨界流解析
超高圧タンクから超低压タンクへの放出挙動解析

論文、外部発表等実績

宇宙分野

- ・Naoki Tani et al., 'An End-to-End High Fidelity Numerical Simulation of the LE-X Engine -Combustion Chamber Risk Evaluation-', 48th AIAA / ASME / SAE / ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, AIAA 2012-3933, (2012)
- ・Naoki Tani et al., "An End-to-End High Fidelity Numerical Simulation of the LE-X Engine - Influence of Coolant Leakage on Engine Power Balance -," 49th AIAA / ASME / SAE / ASEE Joint Propulsion Conference, AIAA 2013-3907, (2013)

都市ガス分野

- ・富永隆一ら、「地震時の供給停止に伴うガス導管網内の圧力振動解析」、土木学会第65回年次学術講演会、CS8-009, (2010)
- ・秋村友香ら、「都市ガス管路系の使用開始・停止時の圧力応答評価」、安全工学 Vol.63, No.1, p31-38, (2024)

原子力分野

- ・独立行政法人 原子力安全基盤機構、「実機プラントに適用するための火災伝播解析コードの改良」、(2010)

FNΓの計算機能、使用用途、実績、サービス

FNΩの主要実績紹介

水系の参加者が多いので液体系も紹介

①エネルギー分野、発電プラント他

地熱発電所ポンプトリップ解析
冷却系の流量制御時流量変動解析
火力発電所 1次冷却系ポンプトリップ解析
リチウム設備液撃解析
処理水の液撃解析および水撃対策検討

②エネルギー分野、都市ガス/LNG

LNGローリー出荷場水撃解析
LNGパイプライン最適制御解析
LNGローディングラインの水撃解析
LPG荷役時のサージ圧力解析
LNG基地気化器海水系ポンプトリップ解析

③水道、農業

千葉県内浄水場のポンプトリップ解析
エアチャンバー設置検討
農業用樹枝状パイプラインの水撃解析
越流堰およびディスクバルブ機能の追加

④土木、建築、海洋、宇宙

トンネル消火設備水撃検討および空気弁設置検討
大規模ビル配管設備水撃解析
情報伝送システム配管圧力応答解析
衛星管路系の水撃解析

論文、外部発表等実績

- ・竹内文朗、「液化天然ガス(LNG)ローリー出荷基地能力増強に伴う計装設備対応について」、計測自動制御学会産業論文集、Vol.8, No.21, 147/150 (2009)
- ・真田栄一、小林大介、「3系統のかんがいブロックに送水するパイプラインの流量制御ー北見二期地区の設計事例ー」、技術協、第110号、北海道土地改良設計技術協会、(2023.9)



FNΓの計算機能、使用用途、実績、サービス

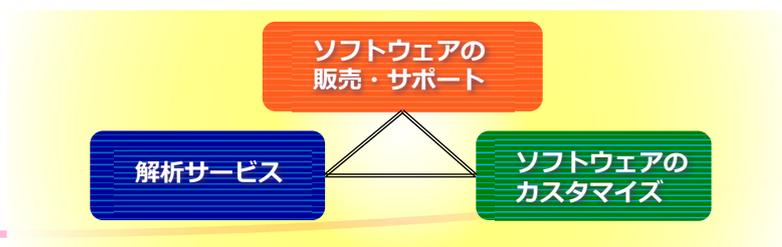
サービス

- ・ソフトウェアの販売
- ・弊社ソフトウェアのカスタマイズ
- ・貴社内製コードのカスタマイズ
- ・ソフトウェアの新規開発
- ・受託解析
- ・コンサルテーション

特定ニーズへの対応

引継ぎ時などもニーズが多い

人手不足、ソフトウェアの学習コストをかけたくない、数年に1度しかニーズがないなど。

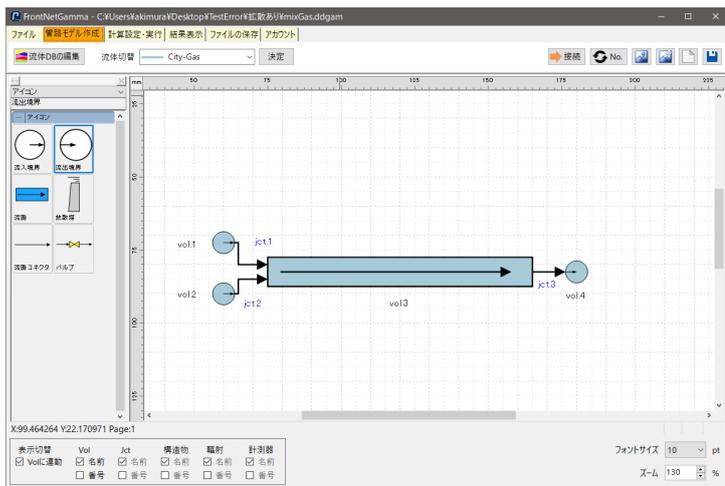


FNΓのGUI機能とデモンストレーション

デモをご覧ください。



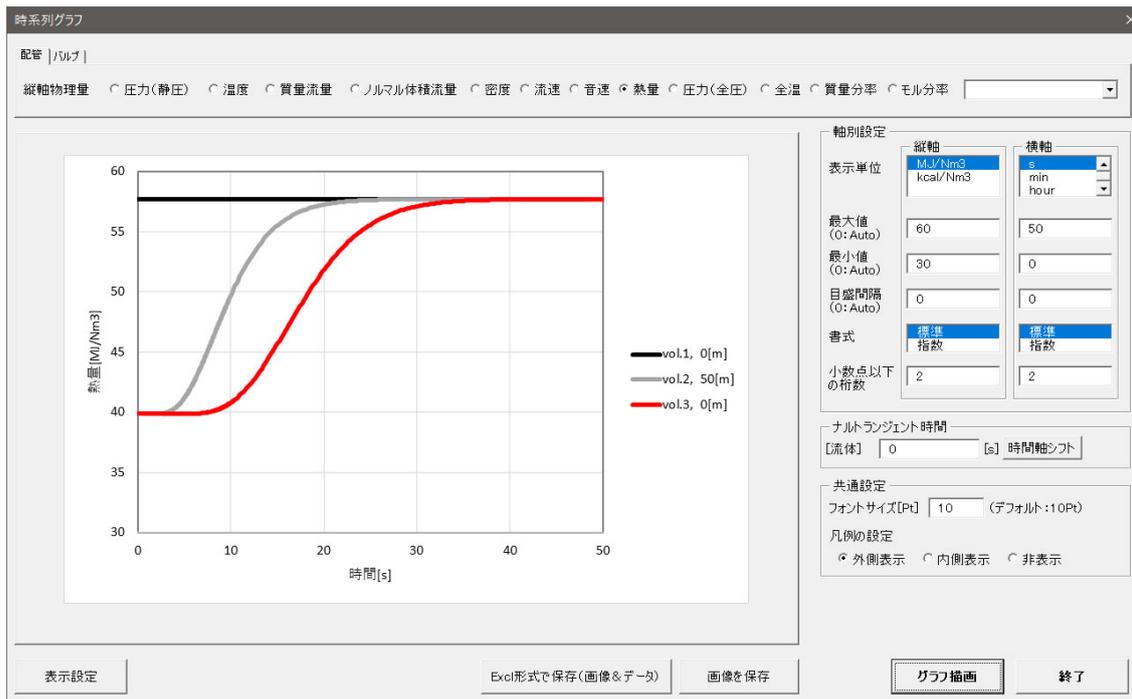
アイコンによる計算モデル作成画面



計算条件設定画面



時系列グラフ画面



FNΓのGUI機能とデモンストレーション

GUI機能一覧

分類	機能	詳細
モデル作成	アイコンによる接続関係	エラーチェック機能あり
	アイコンに対する流体設定	—
計算条件設定	入力値制限機能	エラーメッセージ、グレーアウト、デフォルト値
	単位変換	—
計算実行	Windows上での実行	進行度表示
結果の可視化	エクセル上で時系列グラフを表示	エクスポート機能

FNΓのGUI機能とデモンストレーション

動作に必要な環境

PC性能	CPUクロック数	2.3GHz以上推奨
	メモリ	8GB以上推奨 (目安) 1万メッシュ：メモリ2GB以上 10万メッシュ：メモリ5GB以上
	ディスク 空き容量	2GB以上推奨 (目安)通常モデル：200MB程度、 (目安)タイムステップ小、出力頻度が多い場合：5GB程度
モニター	XGA(1024x768)以上。 (大規模な管路系を解析対象とする場合はデュアルモニター推奨)	
OS、プラットフォーム	Windows 10, 64bit	
必須ソフトウェア等	①Microsoft Windows Desktop Runtime-6.0.26(x64) (インターネットからダウンロード、または提供) ②Microsoft Excel (結果表示のため)	
必須ではないが あると便利なソフトウェア	①解凍ソフト (7-Zip など) (計算結果ファイルを直接確認する場合や、エラーメッセージの詳細を確認するため) ②PDF形式のドキュメントを開くソフトウェア (Adobe Readerなど)	

ライセンス形態

- ・ノードロック式 (Macアドレス固定) のライセンス形態 (同時稼働数 1 台)
- ・リモートデスクトップ接続時のご利用は可能



① GUI開発状況の背景

アイコン機能として使用してきたMicrosoft VisioのOffice更新、および各種インストールテクノロジーに対するメンテナンスができなくなり、アイコン機能をオープンソースのDynamicDraw※に変更→完了。

※<https://graphkobo.com/> などを参照

② 入力設定（プリ部分）の開発状況

計算制御およびオプション設定

計算制御のための設定	完了
流体の流れ解析	
拡散モデル	
構造物熱伝導連成モデル	今後
移動ポアラスモデル	
パンプスカラーモデル	

流体物性の設定

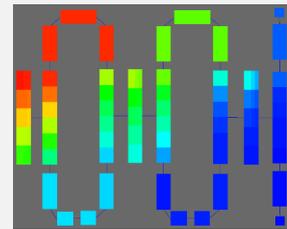
単成分理想気体	完了
混合成分理想気体	
実流体物性	

流体機器の設定

バルブ	完了
制御バルブ	今後
ポンプ	
ファン・ブロウ	
ガスホルダー	

③ 出力結果の可視化（ポスト部分）の開発状況

時系列グラフ	開発は最終段階、テスト中
ラインチャート	今後
コンター表示	
サマリーレポート	

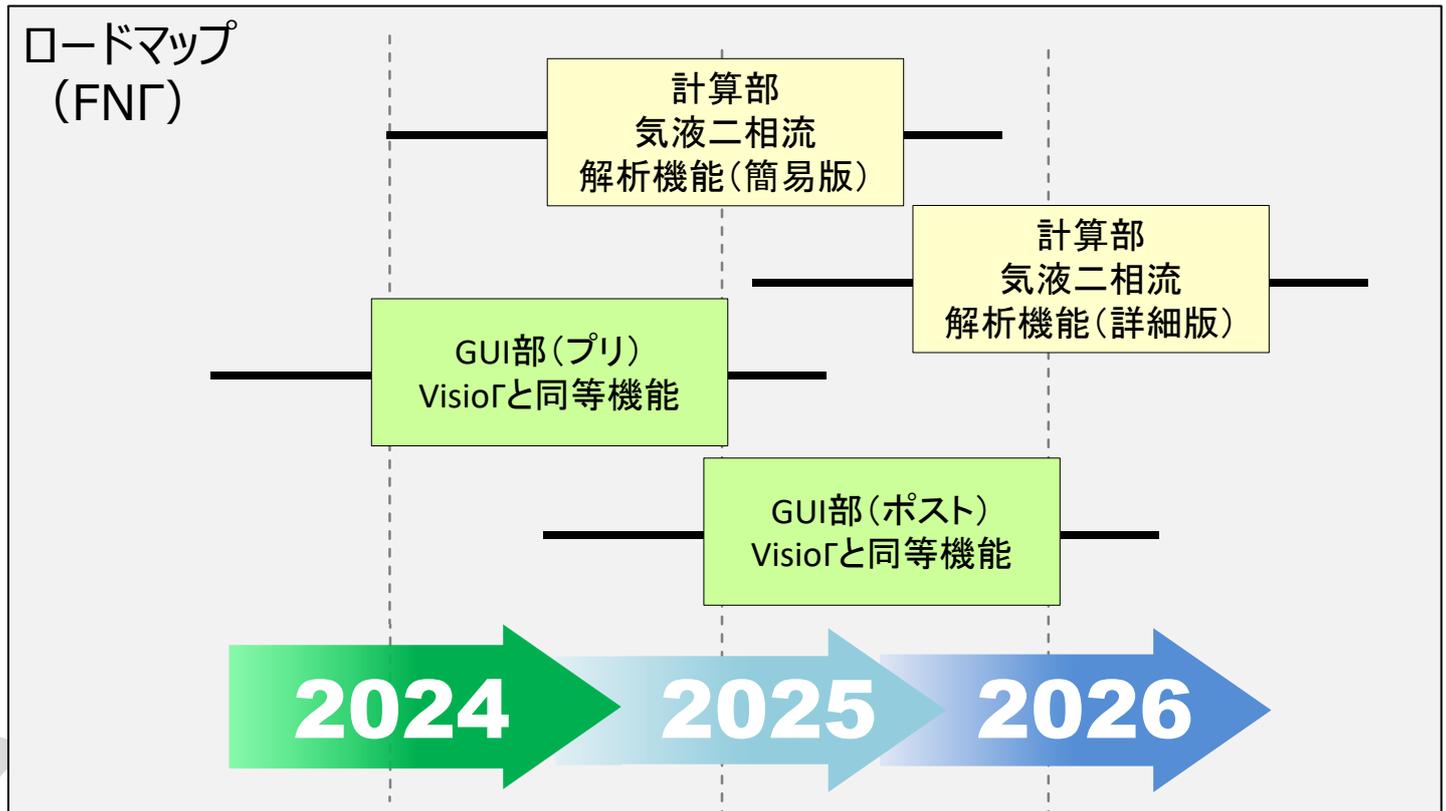


④ サポート

既にVisioを使用したFNΓをお使いのユーザーは、引き続きご利用いただけます。今後、DynamicDrawを使用したFNΓがVisioを使用したFNΓと同等の機能を有した時点でVisio-Γのサポートを終了する可能性があります。

新規のユーザーについては、DynamicDrawを使用したFNΓがVisioを使用したFNΓと同等の機能になるまでは、どちらか一方を選べます。

（ただし、Visio-Γではバージョンによっては動作が不安定になる可能性があります。）



おわりに

ご視聴ありがとうございました。

優先してほしい開発事項などありましたら、何でも構いませんので、アンケートやメールでご連絡いただくと励みになります。

また、評価版（無料で一か月使い勝手をお試し）に興味のある方はご連絡ください。

どうぞよろしくお願いいたします。



関連サービスのご紹介

◇業界別のパンフレットあります

プラントの安全対策関係者様向け
管路系流体解析のご案内

プラントエンジニアリング会社様向け
管路系流体解析のご案内

鉄鋼業界のみなさま向け
管路系流体解析のご案内

アドバンスソフト株式会社

流体機器と配管から成る管路系において、流体過渡シミュレーションにより、

- ①圧力・温度の広範囲にわたる変動
- ②境界流、圧力波伝播、カavitation
- ③沸騰・凝縮などの相変化
- ④配管内の流体とさまざまな機器との相互作用

当社がソースコードから構築したシミュレーションにより、事故を想定したシミュレーションを実施し、

- ①流体物性：Nist/REFPROP
- ②現象：圧縮性の考慮
- ③流体の相：気相、液相、固相
- ④機器連成：制御弁、安全弁

主要実績

プラント安全評価の過渡シミュレーション
 無料でご相談承ります。

お問合せ先 アドバンスソフト株式会社
 URL: <http://www.advancesoft.jp/>

アドバンスソフト株式会社
過渡シミュレーション

過渡シミュレーションで分かる

- ①過渡シナリオ毎の**最高圧力**
- ②弁のシーケンスの**妥当性**
- ③**対策**の検討とその効果

プラントで想定される過渡シミュレーション

分類	プラント過渡イベント
トリップ系	ポンプ、気化器、圧縮機
弁類	緊急遮断弁閉止、安全弁
制御系	圧力・流量・熱量変動時
起動停止	ポンプ起動/停止と各弁類
その他	配管破断、漏洩、熱源遮断

アドバンスソフトでは、管路系（1次元）の流体解析ソフトウェアを開発しています。ソフトウェア販売のほか、解析の受託や、個別の問題に応じたモデル作成、カスタマイズも承っています。

条件変更時のシミュレーション	機器更新時のシミュレーション	事故時のシミュレーション
冷却水系統 実績・バルブ遮断時水撃解析 ・ポンプトリップ解析 ・流量制御解析	ガス系統(Bガス、Cガス) 実績・プロトトリップ/発電所トリップ解析 ・ガスホルター体積制御解析 ・水取器高さ検討解析	

シミュレーション事例 1（発電所トリップ時のスタック解析）

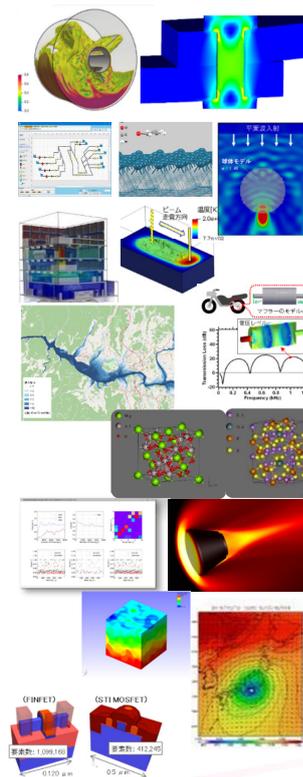
制御弁応答、ガスホルター体積変化、管内圧力変化を計算→制御系の設定見直し検討

計算結果(圧力経時変化)

計算科学技術をけん引するアドバンスソフト

アドバンスソフト株式会社が開発・販売する主なソフトウェア

- 流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red
- 気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MP
- 高速流解析ソフトウェア Advance/FOCUS-i
- 構造解析ソフトウェア Advance/FrontSTR
- 汎用プリポストプロセッサ Advance/REVOCAP
- 管路系液体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet/ Ω
- 管路系流体過渡解析ソフトウェア Advance/FrontNet/ Γ
- 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise
- 河川氾濫シミュレーションシステム Advance/RiverFlow
- 大気拡散影響予測システム Advance/Emerg
- 第一原理計算ソフトウェア Advance/PHASE
- ナノ材料解析統合GUI Advance/NanoLabo
- ニューラルネットワーク分子動力学システム Advance/NeuralMD
- 3次元TCADシステム Advance/TCAD
- 電磁波解析ソフトウェア Advance/ParallelWave
- 過酷事故時原子炉建屋・格納容器の熱流動解析コード Advance/BAROC
- 深層学習用ツールAdvance/iMacle



アドバンスソフトの開発・解析サービス

お客さまのご要望に応じて科学技術計算ソフトウェアの
新規開発、機能追加、受託解析等のサービスをおこないます。

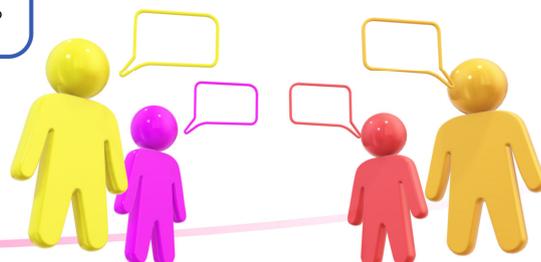


1. 流体・構造・ナノ関連など幅広い分野のソフトウェアを開発し、解析経験がある技術者がお客さまのご要望をお伺いいたします。

2. 最適な解析方法をご提案いたします。

3. お客さまのご了解が得られましたら、モデリングを行い、解析を実施いたします。

4. 解析結果を可視化し、解析結果の評価や考察を行なって報告書を作成いたします。



◇アドバンス・シミュレーションセミナーのご案内

No.	日程	内容	テーマ
第1回	4月19日（金）	「ロケットと宇宙機に関するいろいろな自由表面流」 東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授 姫野 武洋 様	自由表面流の予測と管理
第2回	5月17日（金）	「ペプチド創薬を加速する分子動力学シミュレーションと深層学習」 東京工業大学 情報理工学院 情報工学系 教授 秋山 泰 様	バイオ・計算科学
第3回	6月28日（金）	「デトネーションエンジン開発状況とシミュレーション事例の紹介」 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科 教授 松尾 亜紀子 様	航空宇宙エンジン
第4回	7月12日（金）	「シミュレーションのための情報可視化」 お茶の水女子大学 大学院人間文化創成科学研究科 教授 伊藤 貴之 様	可視化・AI
第5回	8月23日（金）	「（未定）」 東京大学 大学院工学系研究科 原子力国際専攻 教授 高田 孝 様	原子力・リスク評価
第6回	9月20日（金）	「（未定）」 神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻 特命教授 牧野 淳一郎 様	HPC・AI
第7回	10月11日（金）	「（未定）」 千葉工業大学 創造工学部 建築学科 元教授 森川 泰成 様	建築・都市の新たな環境デザイン
第8回	11月22日（金）	「（未定）」 九州大学 大学院システム情報科学研究所 情報知能工学部門 主幹教授 井上 弘士 様	計算機アーキテクチャ（仮）

ご清聴ありがとうございました。

アドバンスソフトは、高度な技術力、開発力、人材を武器に、最先端理論を応用した解析シミュレーションソフトウェアを開発・販売しています。受託解析、受託開発、パッケージソフトウェア、コンサルティング等多様なソリューションを通じて、お客様の問題解決に即戦力として貢献します。

お問い合わせ先：ご担当営業まで
TEL:03-6826-3971 FAX:03-5283-6580
E-mail:office@advancesoft.jp



警告

このレポートに収録されている文章および内容については、ご自身のために役立つ用途に限定して無料配布しています。このレポートを、販売、オークション、その他の目的で利用するには、著作権者の許諾が必要になります。このレポートに含まれている内容を、その一部でも著作権者の許諾なしに、複製、改変、配布を行うことおよびインターネット上で提供する等により、一般へ送ることは法律によって固く禁止されています。